

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Behördenstempel

⑪
⑫
⑬
⑭
⑮
Auslegeschrift 29 26 716

Aktenzeichen:

P 29 26 716.1-45

Anmeldetag:

3. 7. 79

Offenlegungstag:

—

Bekanntmachungstag: 15. 1. 81

⑯ Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒ ㉓

㉔ **Bezeichnung:** Prüfverfahren für Gleichstromquellen, wie Akkumulatoren, Batterien o.dgl., und Prüfgerät

㉕ **Anmelder:** Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart

㉖ **Erfinder:** Hollenberg, Horst, 7000 Stuttgart; Meyer-Staufenbiel, Torsten, 7157 Ditzingen

㉗ **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:**
Nichts ermittelt

Patentansprüche:

1. Prüfverfahren für Gleichstromquellen, wie Akkumulatoren, Batterien od. dgl., bei welchem man den Wechselstrominnenwiderstand der zu prüfenden Gleichstromquelle (Prüfling) als Kenngröße für deren Zustand mißt, dadurch gekennzeichnet, daß man zusätzlich die Leerlaufspannung des Prüflings (10) mißt und daß man durch Paarung der gemessenen Werte der Leerlaufspannung (U_0) einerseits und des Innenwiderstands (R_S) andererseits in einander zugeordneten charakteristischen funktionellen Verknüpfungen der Leerlaufspannung (U_0) in Abhängigkeit von der Ampere-Stunden-Kapazität (Ah) bzw. des Wechselstrominnenwiderstandes (R_S) in Abhängigkeit von der Ampere-Stunden-Kapazität (Ah) für jeweils unterschiedliche physikalische Zustände einer Gleichstromquelle des gleichen Typs wie der Prüfling (10) eine getrennte Aussage über Ladezustand einerseits und physikalischen Zustand andererseits gewinnt.

2. Prüfgerät für Gleichstromquellen, wie Akkumulatoren, Batterien od. dgl., zur Durchführung des Prüfverfahrens nach Anspruch 1, mit einer den Wechselstrominnenwiderstand des Prüflings messenden Widerstandsmeßeinrichtung und mit einer den Zustand des Prüflings angegebenden Anzeigevorrichtung, gekennzeichnet durch eine die Leerlaufspannung des Prüflings (10) messende Spannungsmeßeinrichtung (14), durch einen ersten Speicher (16), in dem die charakteristischen funktionellen Verknüpfungen der Leerlaufspannung (U_0) und der Ampere-Stunden-Kapazität (Ah) zumindest einer Gleichstromquelle des gleichen Typs wie der Prüfling (10) für jeweils ausgewählte, unterschiedliche physikalische Zustände dieser abgespeichert sind, durch einen zweiten Speicher (17), in dem die charakteristischen funktionellen Verknüpfungen des Wechselstrominnenwiderstands (R_S) und der Ampere-Stunden-Kapazität (Ah) zumindest einer Gleichstromquelle des gleichen Typs wie der Prüfling für jeweils die gleichen ausgewählten Zustände dieser abgespeichert sind, durch einen mit der Widerstandsmeßeinrichtung (11), der Spannungsmeßeinrichtung (14) und den Speichern (16, 17) verbundenen Operator (18), der eine Recheneinheit (22), die zu der an dem Eingang des Operators (18) als Signal anstehenden gemessenen Leerlaufspannung (U_0) des Prüflings (10) aus den abgespeicherten Verknüpfungen einen zugeordneten Wert des Wechselstrominnenwiderstandes (R_S) errechnet bzw. ermittelt und als Ausgangssignal ausgibt, und einen Vergleich (23) aufweist, der bei Koinzidenz oder im wesentlichen annähernder Koinzidenz zwischen dem an dem Eingang des Operators (18) als Signal anstehenden gemessenen Wechselstrominnenwiderstand (R_S) und dem Ausgangssignal der Recheneinheit (22) ein Anzeigesignal an die mit dem Operator (18) verbundene Anzeigevorrichtung (24) abgibt.

3. Prüfgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Operator (18) ein Steuerteil (25) aufweist, das derart aufgebaut und mit dem Vergleich (23) und der Recheneinheit (22) verknüpft ist, daß letztere mit jedem Steuersignal des Steuerteils (25) einen Rechen- bzw. Bestimmungszklus durchläuft, wobei aufeinanderfolgende Zyklen mit jeweils den abgespeicherten Verknüpfungen

für einen bestimmten physikalischen Zustand der Gleichstromquelle erfolgen, die nacheinander, vorzugsweise beginnend mit den Verknüpfungen für den besten physikalischen Zustand, aus den Speichern (16, 17) ausgelesen werden, und im Steuerteil (25) ein Steuersignal jeweils bei Differenz der Eingangssignale des Vergleichers (23) ausgelöst wird.

4. Prüfgerät nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Operator (18) eine Dateneingabevorrichtung (26) verbunden ist, mittels derer die Kenndaten des Prüflings (10), wie Nennspannung, Nennkapazität, Typenart, in die Recheneinheit (22) eingetragbar sind.

5. Prüfgerät nach einem der Ansprüche 2—4, dadurch gekennzeichnet, daß der Operator (18) einen Zwischenspeicher (21) aufweist, welcher dessen der gemessenen Leerlaufspannung (U_0) bzw. des gemessenen Wechselstrominnenwiderstandes (R_S) entsprechende Eingangssignale speichert.

6. Prüfgerät nach einem der Ansprüche 2—5, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsmeßeinrichtung (14) und die Widerstandsmeßeinrichtung (11) über einen Analogumschalter (20) und einen Analog-Digital-Wandler (19) mit dem Operator (18) verbunden sind.

7. Prüfgerät nach einem der Ansprüche 2—6, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstandsmeßeinrichtung (11) einen mit dem Prüfling (10) verbindbaren frequenzkonstanten Konstantstrom-generator (12) und einen mit dem Prüfling (10) verbindbaren Spannungsverstärker (13) aufweist, der vorzugsweise als ein auf die Frequenz des Konstantstromgenerators (12) abgestimmter selektiver Verstärker mit Gleichstromsperrung ausgebildet ist.

8. Prüfgerät nach einem der Ansprüche 2—7, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsmeßeinrichtung (14) einen mit dem Prüfling (10) verbindbaren Gleichspannungsverstärker (15) aufweist, an den vorzugsweise eine Offsetspannung gelegt ist.

9. Prüfgerät nach einem der Ansprüche 2—8, dadurch gekennzeichnet, daß ein vor Aktivieren der Meßeinrichtungen (11, 14) kurzzeitig einschaltbarer Hochstromimpuls-generator (27) vorgesehen ist, der mit dem Prüfling (10) verbindbar ist.

10. Prüfgerät nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein zeitlich differierende Steuerimpulse ausgebender Zeitschalter (28) vorgesehen ist, der mit dem Hochstromimpuls-generator (27), dem Konstantstrom-generator (12) und dem Analogumschalter (20) verbunden ist.

11. Prüfgerät nach einem der Ansprüche 2—10, dadurch gekennzeichnet, daß der Operator (18) als Mikroprozessor ausgebildet ist.

12. Prüfgerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Operator (18), die Speicher (16, 17), der Analogumschalter (20), der Analog-Digital-Wandler (19), der Zeitschalter (28) und zumindest Teile der Anzeigevorrichtung (24) in einem Ein-Chip-Mikroprozessor zusammengefaßt sind.

13. Prüfgerät nach einem der Ansprüche 2—12, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzeigevorrichtung (24) getrennte Anzeigefelder (30, 31) für die physikalische Zustandsanzeige und für die Ladezustandsanzeige des Prüflings (10) aufweist, die von dem Operator (18) selektiv angesteuert werden.

Die Erfindung geht aus von einem Prüfverfahren für Gleichstromquellen, wie Akkumulatoren, Batterien od. dgl. nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Bei einem in einem bekannten Prüfgerät angewandten Verfahren ermittelt man aus dem gemessenen Wechselstrominnenwiderstand der zu prüfenden Gleichstromquelle, kurz Prüfling genannt, das Reziproke des Wechselstrominnenwiderstands und gibt dieses zur Anzeige auf ein Meßgerät. Da der reziproke Wechselstrominnenwiderstand des Prüflings proportional seiner dynamischen Leistung ist und diese — wie gefunden wurde — etwa die elektrische Energie wiedergibt, die in dem Prüfling tatsächlich gespeichert ist, stellt der angezeigte Wert des reziproken Wechselstrominnenwiderstands ein Maß für den Zustand des Prüflings dar.

Nun hat sich gezeigt, daß die dynamische Leistung z. B. eines Akkumulators oder einer Batterie für ein Kraftfahrzeug sowohl mit zunehmender Entladung als auch mit zunehmender Verschlechterung des physikalischen Zustands — durch Alterung, Sulfatierung etc. — erheblich absinkt. Unter physikalischem Zustand wird hier das Speichervermögen des Akkumulators oder der Batterie verstanden. Zum Beispiel nimmt die dynamische Leistung während der Entladung des Akkumulators oder der Batterie aus dem voll geladenen Zustand bis zum Zustand der völligen Entladung um den Faktor 3—4 ab. Um den Faktor 3—10 nimmt auch die dynamische Leistung eines Akkumulators oder einer Batterie, der oder die während mehrerer Monate entladen wurde oder war, bevor sie wieder geladen wurde, infolge erhöhter Sulfatierung ab.

Bei diesem bekannten Prüfverfahren bzw. Prüfgerät erhält man lediglich eine Aussage über den tatsächlichen Ist-Zustand des Prüflings, wobei man nicht weiß, ob dieser z. B. »schlechter« Ist-Zustand des Prüflings dadurch verursacht ist, daß der Prüfling lediglich zumindest teilweise entladen ist oder durch Alterung, Sulfatierung oder andere Umstände sein ursprüngliches Speichervermögen teilweise oder ganz verloren hat. Dies führt dazu, daß in jedem Fall bei Feststellung eines »schlechten« Zustands des Prüflings dieser aufgeladen wird, selbst wenn sich ein Aufladen des Prüflings wegen seines äußerst schlechten physikalischen Zustands, beispielsweise totalen Verlustes seines Speichervermögens, nicht mehr lohnt. Erst dieses Aufladen des Prüflings und sein erneutes Prüfen läßt erkennen, daß der »schlechte« Ist-Zustand des Prüflings durch seinen schlechten physikalischen Zustand verursacht ist; denn durch das Aufladen wird die mögliche andere Ursache für den »schlechten« Ist-Zustand, nämlich die teilweise Entladung, beseitigt. Das in vielen Fällen unnütze Aufladen einer defekten Batterie zum Zwecke des Feststellens ihres Defektseins bedeutet einen unnötigen und nicht unbeträchtlichen Zeit- und Kostenaufwand.

Das erfindungsgemäße Prüfverfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß der Prüfling nicht aufgeladen werden muß, um seinen physikalischen Zustand, d. h. sein tatsächlich vorhandenes Speichervermögen, zu ermitteln. Bei dem erfindungsgemäßen Prüfverfahren wird sowohl der Ladezustand des Prüflings, z. B. voll, teilweise entladen, leer, als auch der physikalische Zustand des Prüflings ermittelt, so daß der Prüfende gleich weiß, ob sich ein Aufladen des Prüflings aufgrund seines physikalischen Zustands noch lohnt oder nicht. Damit können die Kosten für eine evtl. unnötige Aufladung und der damit verbundene Zeitauf-

wand eingespart werden.

Das in Anspruch 2 angegebene Prüfgerät zur Durchführung des Verfahrens hat neben den bereits vorstehend genannten Vorteilen noch den weiteren Vorteil der einfachen Handhabung und Bedienbarkeit. Der Prüfende braucht lediglich den Prüfling an das Prüfgerät anzuschließen und einen Prüfvorgang zu starten. Das Prüfergebnis wird ihm an der Anzeigevorrichtung ausgegeben, und zwar einerseits der physikalische Zustand des Prüflings und andererseits dessen Ladezustand. Mit einem Blick kann der Prüfende also erkennen, ob der Prüfling geladen werden muß oder nicht und ob der qualitative Zustand des Prüflings seine Aufladung rechtfertigt oder nicht.

Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des Prüfgeräts möglich. Besonders vorteilhaft sind dabei die Maßnahmen nach Anspruch 10 oder 11, da dadurch sowohl das Bauvolumen des Prüfgeräts sehr klein bemessen werden kann als auch die Herstellungskosten für das Prüfgerät niedrig gehalten werden können.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung von funktionellen Verknüpfungen der Leerlaufspannung U_0 in Abhängigkeit von der Ampere-Stunden-Kapazität Ah bzw. des Wechselstrominnenwiderstands R_S in Abhängigkeit von der Ampere-Stunden-Kapazität Ah für eine KFZ-Batterie bestimmten Typs.

Fig. 2 ein Blockschaltbild des Aufbaus eines Prüfgeräts zum Prüfen einer KFZ-Batterie.

Zunächst wird anhand der Fig. 1 das Prüfverfahren für Gleichstromquellen, wie Akkumulatoren, Batterien od. dgl. anhand der Prüfung einer Kraftfahrzeug-Batterie (KFZ-Batterie) kurz umrissen, welches dann in der weiteren Beschreibung des Prüfgeräts noch näher erläutert wird. Bei dem Prüfverfahren bestimmt man zunächst den Wechselstrominnenwiderstand R_S der zu prüfenden KFZ-Batterie, im folgenden kurz Prüfling genannt, und mißt deren Gleichstrom-Leerlaufspannung U_0 . Diese beiden Meßwerte paart man — wie aus Fig. 1 ersichtlich — in einander zugeordneten charakteristischen funktionellen Verknüpfungen der Leerlaufspannung U_0 in Abhängigkeit von der Ampere-Stundenkapazität Ah bzw. des Wechselstrominnenwiderstandes R_S in Abhängigkeit von der Ampere-Stunden-Kapazität Ah für jeweils unterschiedliche physikalische Zustände einer KFZ-Batterie des gleichen Typs wie der Prüfling. Solche charakteristischen funktionellen Verknüpfungen lassen sich als Kennlinienfelder Fig. 1 oder auch als angenäherte mathematische Funktionen darstellen.

In Fig. 1 sind für eine KFZ-Batterie, die von gleichem Typus wie der Prüfling ist, also gleiche Nennkapazität, Nennspannung und gleichen strukturellen Aufbau (z. B. Bleiakкумуляtor oder Nickel-Cadmium-Akkumulator) aufweist, dessen charakteristische funktionelle Verknüpfungen $U_0 = f(Ah)$ und $R_S = f(Ah)$ als Kennlinienfeld dargestellt. Einander zugeordnete funktionelle Verknüpfungen sind jeweils in gleicher Strichart gekennzeichnet. Dabei stellen die ausgezogen dargestellten funktionellen Verknüpfungen für eine neue Batterie dar. Man erkennt, daß mit zunehmender Entladung die Gleichstrom-Leerlaufspannung U_0 der Batterie abnimmt und der Wechselstrominnenwider-

stand zunimmt. Für die gleiche, jedoch gealterte Batterie ergeben sich die charakteristischen funktionellen Verknüpfungen gemäß den strichlinierten Kennlinien. Ist die Batterie noch stärker gealtert, d. h. hat durch fortschreitende Sulfatierung ihr Speichervermögen weiter abgenommen, so ergeben sich die charakteristischen funktionellen Verknüpfungen gemäß den strichpunktuierten Kennlinien. Die gleiche Batterie in relativ schlechtem physikalischen Zustand ist in ihren charakteristischen funktionellen Verknüpfungen durch die punktierten Kennlinien gekennzeichnet. Man sieht, daß mit Verschlechterung des physikalischen Zustands der Batterie sowohl die Leerlaufspannung U_B absinkt als auch gleichzeitig der Wechselstrominnenwiderstand R_S zunimmt. Die einzelnen Kennlinien $U_B = f(Ah)$ und $R_S = f(Ah)$ behalten dabei im wesentlichen ihren vorstehend beschriebenen charakteristischen Verlauf bei.

Paart man nunmehr die beiden ermittelten Meßwerte für Leerlaufspannung U_B und Wechselstrominnenwiderstand R_S in einander zugeordneten charakteristischen funktionellen Verknüpfungen $U_B = f(Ah)$ und $R_S = f(Ah)$ für die gleiche entnommene Ampere-Stunden-Kapazität Ah (in Fig. 1 durch die Schnittpunkte der Meßwertlinien mit den zugeordneten Kennlinien dargestellt), so erhält man eine getrennte Aussage einerseits über den Ladezustand des Prüflings (entnommene Ampere-Stunden-Kapazität Ah) und andererseits über den physikalischen Zustand bzw. das Speichervermögen des Prüflings (strichpunktuierte Kennlinie — z. B. relativ schlecht).

Das Prüfgerät für Gleichstromquellen, wie Akkumulatoren, Batterien oder dergleichen, zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Prüfverfahrens ist schematisch als Blockschaltbild in Fig. 2 dargestellt. Dabei ist die an das Prüfgerät zur Prüfung anzuschließende KFZ-Batterie, im folgenden Prüfling genannt, mit 10 bezeichnet.

Das Prüfgerät weist eine Widerstandsmeßeinrichtung 11 zum Messen des Wechselstrominnenwiderstands des Prüflings auf. Diese besteht aus einem Konstantstromgenerator 12 und einem Spannungsverstärker 13. Der Konstantstromgenerator 12 wird an die Klemmen des Prüflings 10 angeschlossen und speist diesen mit einem konstanten Strom von sehr geringer Stromstärke und konstanter Frequenz, vorzugsweise 100 Hz. Der Spannungsverstärker 13 ist als ein auf die Frequenz des Konstantstromgenerators 12 abgestimmter selektiver Verstärker ausgebildet, der noch eine Gleichstromsperrre enthält. Der Spannungsverstärker 13 ist ebenfalls an die Klemmen des Prüflings 10 angeschlossen und erfaßt und verstärkt die an den Klemmen des Prüflings 10 abfallende Wechselspannung.

Das Prüfgerät weist ferner eine Spannungsmeßeinrichtung 14 auf, die im wesentlichen aus einem Gleichspannungsverstärker 15 besteht. Dieser ist ebenfalls an die Klemmen des Prüflings 10 angeschlossen. Zur Verbesserung der Spannungsmessung kann der Gleichspannungsverstärker 15 noch eine Offsetspannung erhalten.

In dem Prüfgerät ist weiter ein erster Speicher 16 vorhanden, in dem die charakteristischen funktionellen Verknüpfungen der Leerlaufspannung U_B und der Ampere-Stunden-Kapazität Ah zumindest einer KFZ-Batterie des gleichen Typs wie der Prüfling für jeweils ausgewählte unterschiedliche physikalische Zustände dieser abgespeichert sind. Wie vorstehend bereits erwähnt, wird hier unter physikalischem Zustand das

Speichervermögen der Batterie verstanden, das durch Alterungsprozeß, insbesondere infolge von Sulfatierung oder Masseanfall, oder durch andere Umstände gegenüber einer neuen intakten Batterie abnehmen kann. Um das Prüfgerät universell verwenden zu können, sind die vorstehend genannten charakteristischen funktionellen Verknüpfungen nicht nur für einen Batterietyp, sondern für alle gängigen Batterietypen abgespeichert. In gleicher Weise werden in einem zweiten Speicher 17 die charakteristischen funktionellen Verknüpfungen des WechselstromInnenwiderstands R_S und der Ampere-Stunden-Kapazität Ah für jeweils die gleichen ausgewählten Zustände wie die funktionellen Verknüpfungen im ersten Speicher 16 abgespeichert. Die funktionellen Verknüpfungen können dabei entweder als Kennlinienfelder oder als angenäherte mathematische Funktionen gespeichert sein. Vorteilhaft ist es, die einzelnen charakteristischen funktionellen Verknüpfungen zu normieren, und zwar vorzugsweise auf die Nennwerte, um somit die Anzahl der abzuspeichernden Verknüpfungen zu reduzieren. Für alle Batterien der gleichen Art, Blei- oder alkalische Akkumulatoren, aber unterschiedlicher Nennkapazität und Nennspannung reicht dann die Abspeicherung eines einzigen Kennlinienfeldes oder weniger mathematischer Funktionen jeweils für verschiedene physikalische Zustände aus.

Mit den beiden Meßeinrichtungen, also Widerstandsmeßeinrichtung 11 und Spannungsmeßeinrichtung 14, und mit den Speichern 16, 17 ist ein Operator 18 verbunden, der vorzugsweise digital arbeitet und als Mikroprozessor ausgebildet sein kann. Da die Meßwerte der Meßeinrichtungen 11, 14 als analoge Signale ausgegeben werden, müssen diese zur Verarbeitung im Operator 18 in Digitalwerte umgesetzt werden. Hierzu dient ein zwischen den Meßeinrichtungen 11 und 15 und dem Operator 18 eingeschalteter Analog-Digital-Wandler 19. Um mit einem einzigen Analog-Digital-Wandler 19 auszukommen, ist diesem ein Analogumschalter 20 vorgeschaltet, der abwechselnd ein analoges Meßwertsignal von der Widerstandsmeßeinrichtung 11 bzw. der Spannungsmeßeinrichtung 14 dem Analog-Digital-Wandler 19 zuführt. Der Analogumschalter 20 ist mit seinen beiden Eingängen an den Ausgängen der Spannungsverstärker 13, 15 angeschlossen und sein Ausgang ist mit dem Eingang des Analog-Digital-Wandlers verbunden. Die dem Operator 19 über den Analog-Digital-Wandler 19 zugeführten digitalen Meßwertsignale werden in einem Zwischenspeicher 21 des Operators 18 bis zur Beendigung eines Prüfungsvorgangs abgespeichert.

Der Operator 18 weist eine Recheneinheit 22 und einen Vergleicher 23 auf. Die Recheneinheit 22 errechnet bzw. ermittelt zu der an dem Eingang des Operators 18 bzw. in dessen Zwischenspeicher 21 als Signal anstehenden gemessenen Leerlaufspannung des Prüflings 10 aus den abgespeicherten Verknüpfungen einen zugeordneten Wert des WechselstromInnenwiderstands R_S und gibt diesen als Ausgangssignal an den Vergleicher 23. Über einen Ausgang des Operators 18 ist der Vergleicher 23 mit einer Anzeigevorrichtung 24 verbunden. Außer dem Ausgangssignal der Recheneinheit 22 wird dem Vergleicher auch noch der am Operator 18 bzw. in dessen Zwischenspeicher 21 als Signal anstehende Wert des gemessenen WechselstromInnenwiderstands als Eingangssignal zugeführt. Der Vergleicher 23 arbeitet nun derart, daß er bei Koinzidenz oder im wesentlichen annäherender Koinzi-

denz seiner beiden Eingangssignale ein Ausgangssignal an die Anzeigevorrichtung 24 abgibt, die ihrerseits eine Anzeigefunktion einschaltet.

Der Operator 18 weist außerdem noch ein mit dem Vergleicher 23 und der Recheneinheit 22 verbundenes Steuerteil 25 auf. Dieses Steuerteil 25 ist derart aufgebaut und mit dem Vergleicher 23 und der Recheneinheit 22 verknüpft, daß bei Nichtvorliegen der Koinzidenz bzw. annähernden Koinzidenz der Eingangssignale des Vergleichers 23 dieser an das Steuerteil 25 ein Signal abgibt, das hier ein Steuersignal auslöst. Dieses Steuersignal des Steuerteils 25 veranlaßt die Recheneinheit 22 einen Rechen- bzw. Bestimmungszklus, wie vorstehend beschrieben, zu durchlaufen, wobei sie am Ende eines jeden Zyklus ein Ausgangssignal an den Vergleicher 23 abgibt. Diese Rechen- oder Bestimmungszyklen sind aber nicht identisch, sondern erfolgen jeweils mit den abgespeicherten Verknüpfungen für einen bestimmten physikalischen Zustand der Batterie. Bei jedem Zyklus wird eine abgespeicherte Verknüpfung für einen bestimmten physikalischen Zustand der Batterie aus dem Speicher 16, 17 ausgelesen und verarbeitet. Zweckmäßigerweise beginnt der erste Zyklus mit den Verknüpfungen für den besten physikalischen Zustand der Batterie.

Zur Eingabe der Kenndaten des Prüflings 10 in die Recheneinheit 22 ist mit dem Operator 18 eine Dateneingabevorrichtung 26 verbunden. Über diese Dateneingabevorrichtung werden die Nennkapazität, die Nennspannung und die Art des Prüflings 10, z. B. Blei oder Nickel-Cadmium-Akkumulator, eingegeben. Darüber hinaus können noch zur Ausschaltung von Temperatureinflüssen die Temperatur des Prüflings eingegeben werden.

Zur Kompensation von Meßfehlern, die durch die Oberflächenladung frischgeladener Prüflinge oder durch fehlerhafte Zellenverbinder im Prüfling hervorgerufen werden können, ist noch zusätzlich ein Hochstromimpulsgenerator 27 mit dem Prüfling 10 verbunden, der vor Beginn des eigentlichen Prüfvorgangs dem Prüfling 10 mit einem Hochstromimpuls belastet. Dieser Hochstromimpuls hat z. B. eine Stromstärke in Höhe des Belastungsstromes des Prüflings und dauert einige Sekunden. Mit diesem Hochstromimpuls wird einerseits die Oberflächenladung eines frisch geladenen Prüflings abgebaut und andererseits dessen Zellenverbinder getestet. Sind diese bereits sehr schlecht, so werden sie durch den Hochstromimpuls vollständig zerstört.

Das Prüfgerät ist mit einem Zeitschalter 28 ausgerüstet, der das »Timing« für die Einzelvorgänge während des Prüfvorgangs bestimmt. Der Zeitschalter 28 ist mit dem Hochstromimpulsgenerator 27, dem Konstantstromgenerator 12, dem Analogumwandler 20 und dem Operator 18 verbunden. Ein von einem Starter 29 dem Operator 18 zugeführter Startimpuls für den Prüfvorgang setzt den Zeitschalter 28 in Tätigkeit. Dieser bewirkt die Ein- und Ausschaltung des Hochstromimpulsgenerators 27 und des Konstantstromgenerators 12 sowie die Umschaltung des Analogumschalters 20 zur wechselweisen Übertragung der analogen Meßwertsignale am Ausgang der Spannungsverstärker 13 und 15 der Widerstandsmeßeinrichtung 11 bzw. der Spannungsmeßeinrichtung 14 auf den Analog-Digital-Wandler 19.

Es ist möglich, den Operator 18, die beiden Speicher 16 und 17, die im übrigen von einem einzigen Speicher gebildet sein können, den Analog-Digital-Wandler 19, den Analogumschalter 20, den Zeitschalter 28 und

zumindest Teile der Anzeigevorrichtung 24 zu einem sogenannten »Ein-Chip-Mikroprozessor« zusammenzufassen. Dies führt zu einer beträchtlichen Kosten- und Volumenreduzierung für das Prüfgerät.

Die Anzeigevorrichtung 24 weist getrennte Anzeigefelder 30 und 31 einerseits für die physikalische Zustandsanzeige, in Fig. 2 mit A, B und C gekennzeichnet, und andererseits für die Ladezustandsanzeige, in Fig. 2 mit 1, 2, 3 gekennzeichnet, auf. Die Anzeigefelder 30, 31 werden über die Anzeigevorrichtung 24 von dem Operator 18 selektiv angesteuert. Anstelle der Anzeigefelder 30, 31 können an die Anzeigevorrichtung 24 auch eine Digitalanzeige, ein Band aus aufeinanderfolgend aufleuchtenden Lumineszenzdiolen, ein Drucker für Textausgabe od. dgl. angeschlossen werden.

Die gesamte Stromversorgung des Prüfgerätes erfolgt über den Prüfling 10, so daß das Prüfgerät unabhängig von vorhandenen Versorgungsnetzen überall eingesetzt werden kann.

Die Wirkungsweise des vorstehend beschriebenen Prüfgerätes ist wie folgt:

Zunächst ist der Prüfling 10 an das Prüfgerät anzuschließen. Danach hat der Prüfer den Starter 29 zu betätigen. Die Prüfung des Prüflings 10 läuft selbsttätig ab und in der Anzeigevorrichtung 24 leuchtet jeweils ein Anzeigefeld 30 und ein Anzeigefeld 31 auf, die den physikalischen Zustand des Prüflings und den Ladezustand des Prüflings anzeigen. Leuchtet z. B. das Anzeigefeld 30 mit »A« und Anzeigefeld 31 mit »2« auf, so bedeutet dies z. B., daß der physikalische Zustand des Prüflings, also dessen Speichervermögen bestens ist, es sich hier also um eine neue Batterie handelt, und daß der Prüfling 10 teilweise entladen ist. Entsprechend markiert das Anzeigefeld 30 mit »C« einen Prüfling mit sehr schlechtem Speichervermögen und das Anzeigefeld 31 mit »1« einen vollständig geladenen Prüfling 10.

Bei dem Prüfvorgang spielt sich im einzelnen folgendes ab: Der Zeitschalter 28 gibt zunächst einen Startimpuls auf den Hochstromimpulsgenerator 27, der wie vorstehend beschrieben, einen Hochstromimpuls auf den Prüfling 10 gibt. Danach beginnt der eigentliche Prüfvorgang mit Einschalten des Konstantstromgenerators 12, ebenfalls durch einen Steuerimpuls des Zeitschalters 28. Der Zeitschalter 28 steuert mit einem weiteren Impuls den Analogumschalter 20 derart, daß z. B. zunächst die Widerstandsmeßeinrichtung 11 mit den Analog-Digital-Wandler 19 verbunden ist. Die Widerstandsmeßeinrichtung 11 mißt den Wechselspannungsabfall an den Klemmen des Prüflings 10 und gibt diesen als verstärktes Analogsignal an den Analog-Digital-Wandler 19. Diese führt dem Operator 18 ein entsprechendes digitales Meßwertsignal des Wechselstrominnenwiderstands des Prüflings zu, das in dem Zwischenspeicher 21 abgespeichert wird.

Durch einen weiteren Steuerimpuls des Zeitschalters 28 wird der Analogumschalter 20 umgeschaltet, so daß nunmehr der Eingang des Analog-Digital-Wandlers 19 mit dem Ausgang der Spannungsmeßeinrichtung 14 verbunden ist. Die Klemmen-Gleichspannung des Prüflings 10 wird über den Gleichspannungsverstärker 15 verstärkt als analoges Meßwertsignal dem Analog-Digital-Wandler 19 zugeführt, der ebenfalls ein entsprechendes digitales Meßwertsignal der Leerlaufspannung des Prüflings 10 an den Operator 18 gibt, wo dieses ebenfalls im Zwischenspeicher 21 abgespeichert wird. Aus der Dateneingabevorrichtung 26 werden die vor Beginn des Prüfvorgangs in diese eingegebenen Kenndaten des Prüflings 10 in die Recheneinheit 22

eingetragen. Mittels dieser Kenndaten liest die Recheneinheit 22 aus den beiden Speichern 16, 17 eine charakteristische funktionelle Verknüpfung der Leerlaufspannung U_B in Abhängigkeit von der Ampere-Stunden-Kapazität Ah [$U_B = f(Ah)$] und eine zugeordnete charakteristische funktionelle Verknüpfung des Wechselstrominnenwiderstandes R_S in Abhängigkeit von der Ampere-Stunden-Kapazität Ah [$R_S = f(Ah)$] einer solchen Gleichstromquelle aus, die vom gleichen Typ ist wie der Prüfling 10, und zwar für einen Zustand, also max. Speichervermögen, aufweist. Die Recheneinheit 22 errechnet bzw. ermittelt nunmehr mit dem gemessenen Wert der Leerlaufspannung des Prüflings und den abgespeicherten funktionellen Verknüpfungen einen zugeordneten Wert des Wechselstrominnenwiderstands und gibt diesen als Ausgangssignal aus, das dem Vergleich 23 zugeführt wird. Der Vergleich 23 vergleicht dieses Ausgangssignal mit dem gemessenen Wert des Wechselstrominnenwiderstands, der von dem Zwischenspeicher 21 dem Vergleich 23 zugeführt wird. Es wird angenommen, daß der Vergleich 23 zunächst keine Koinzidenz oder annähernde Koinzidenz der beiden Eingangssignale feststellt, da das Ausgangssignal der Recheneinheit 22 kleiner ist als das Meßwertsignal des Wechselstrominnenwiderstands. Nach dem vorher Gesagten gibt damit der Vergleich 23 ein Ausgangssignal an das Steuerteil 25 ab, das hier wiederum ein Steuersignal auslöst, das zur Recheneinheit 22 gelangt. Das Steuersignal veranlaßt die Recheneinheit 22 erneut eine charakteristische funktionelle Verknüpfung $U_B = f(Ah)$ und die zugeordnete funktionelle Verknüpfung $R_S = f(Ah)$ aus den beiden Speichern 16 und 17 auszulesen, und zwar jetzt für einen um eine Stufe verschlechterten physikalischen Zustand der gleichen Gleichstromquelle.

Die Recheneinheit 22 ermittelt mit den nunmehr ausgelesenen funktionellen Verknüpfungen und dem nach wie vor gleichen Meßwert der gemessenen Leerlaufspannung des Prüflings 10 einen neuen Wert des Wechselstrominnenwiderstand und gibt diesen als Ausgangssignal an den Vergleich 23. Ist dieses Ausgangssignal nunmehr annähernd gleich dem Meßwertsignal des Wechselstrominnenwiderstandes, so stellt der Vergleich 23 Koinzidenz fest und gibt nach dem vorher Gesagten einen Impuls an die Anzeigevorrichtung 24 ab. Die Anzahl der von der Recheneinheit 22 durchlaufenen Rechen- oder Bestimmungszyklen ist dabei ein Maß für den physikalischen Zustand des Prüflings 10, d. h., je mehr Rechenzyklen die Recheneinheit 22 durchlaufen ist, desto schlechter ist der physikalische Zustand bzw. das Speichervermögen des Prüflings 10. Sobald ein Ausgangssignal an dem mit der Anzeigevorrichtung 24 verbundenen Ausgang des Vergleichers 23 auftritt, schaltet die Anzeigevorrichtung 24 entsprechend der Zahl der Zyklen der Recheneinheit 22 eines der Anzeigefelder 30 ein, hier z. B. bei zwei Zyklen der Recheneinheit 22 das Anzeigefeld mit »B«. Dies signalisiert dem Prüfenden, daß der Prüfling 10 zwar ein vermindertes aber noch ausreichendes Speichervermögen ausweist. Da bei der Rechnung bzw. Bestimmung des Wertes des Wechselstrominnenwiderstandes durch die Recheneinheit 22 automatisch der Ah -Wert berechnet oder ermittelt wird, steht dieser über die Verbindung von Operator 18 und Anzeigevorrichtung 24 an dieser an und kann bei Auftreten des Ausgangssignals an dem mit der Anzeigevorrichtung 24 verbundenen Ausgang des Vergleichers 23 das Einschalten eines entsprechenden Anzeigefelds 31, z. B. des Anzeigefelds 31 mit »2«, bewirken. Dem Prüfenden wird damit angegeben, daß der Prüfling 10 bereits teilweise entladen ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

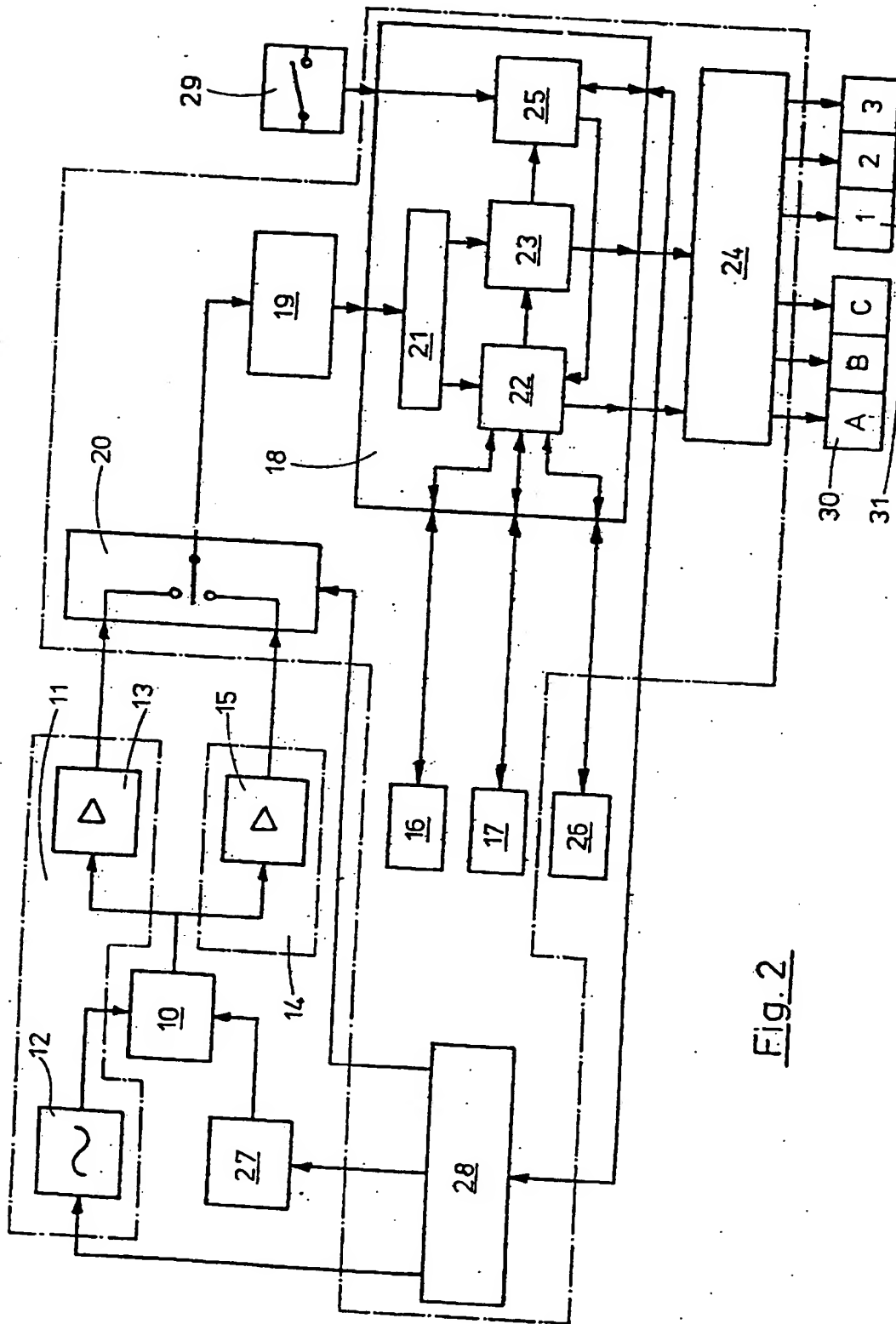
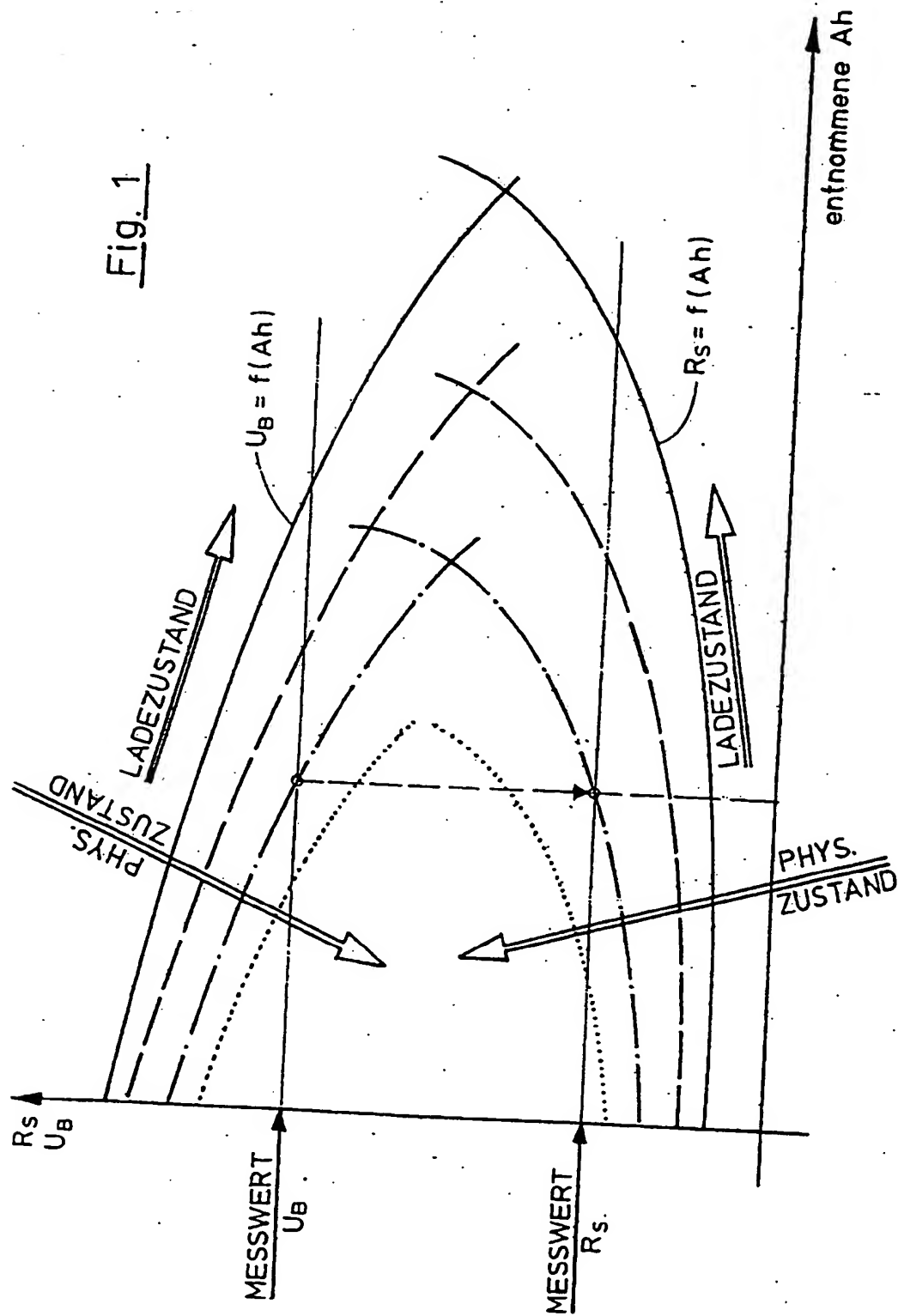


Fig. 2



(19) European Patent Office

(11) Publication No.: 0 022 450
A1

EUROPEAN PATENT APPLICATION

(21) Application No.: 80101949.8

(22) Application Date: April 11, 1980

(51) International Classification (Int. Cl.³):
G 01 R 31/36, H 01 M 10/48

(30) Priority: July 3, 1979 DE 2926716

(43) Application Publication Date: January 21, 1981

Patent Page 81/3

(84) Designated Treaty Countries: AT BE CH DE FR GB IT LI NL

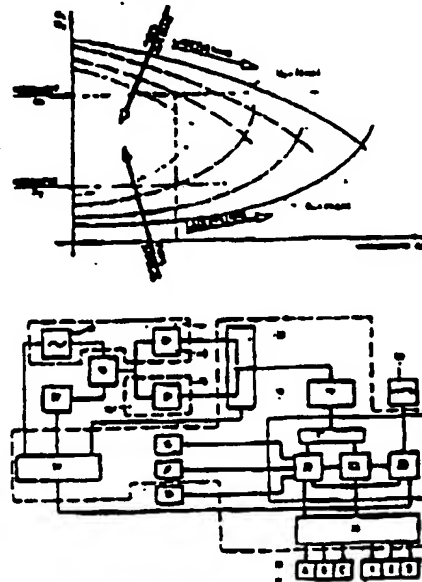
(71) Applicant: ROBERT BOSCH GMBH, Postfach 50, D-7000 Stuttgart 1 (DE)

(72) Inventor: Hollenberg, Horst, Robert-Leicht-Strasse 28, D-7000 Stuttgart 80 (DE)

Inventor: Meyer-Staufenbiel, Torsten, Brucknerweg 4, D-7157 Ditzingen 5 (DE)

(54) Test procedure for d.c. sources like storage batteries and testing device for it

(57) A testing procedure and a testing device for carrying out this procedure for d.c. sources like batteries is indicated, which enables a distinct identification of the condition of the tested unit by a single test process and without additional charging of the d.c. source (10) being tested, while at the same time indicating whether a discharging or a physical condition (storage capacity) is responsible for the "bad condition" of the tested unit. For this, one measures the a.c. internal resistance (R_s) and the no-load voltage (U_B) of the tested unit (10) and by combining the measured values of the no-load voltage U_B , on the one hand, and the internal resistance R_s , on the other, in correlated characteristic functional relations of the no-load voltage as a function of the ampere-hour capacity [$U_B = f(Ah)$] or the a.c. internal resistance as a function of the ampere-hour capacity [$R_s = f(Ah)$] for different physical states (storage capacity) of a d.c. source of the same type as the tested unit (10) one obtains a separate verdict on the charge state, on the one hand, and storage capacity, on the other.



[stamp]

"TITLE CHANGED, see Title page"

Röser

R. 5572

8 June 1979

ROBERT BOSCH GMBH, 7000 Stuttgart 1

Test procedure for d.c. sources such as accumulators, batteries or the like, and testing device

State of the Art

The invention proceeds from a testing procedure for d.c. sources, such as accumulators, batteries or the like, according to the category of the main claim.

In a procedure employed in a known testing device, one determines from the measured a.c. internal resistance of the d.c. source being tested, known as the tested unit, the reciprocal of the a.c. internal resistance and displays this on a meter. Since the reciprocal a.c. internal resistance of the tested unit is proportional to its dynamic power and this, as has been found - roughly reflects the electrical energy that is actually stored in the tested unit, the indicated value of the reciprocal a.c. internal resistance constitutes a measure of the state of the tested unit.

Now, it turns out that the dynamic power, e.g., of a storage battery or an automotive battery, decreases considerably both with increasing discharge and with increasing impairment of the physical condition - by aging, sulfating, etc. By physical condition is meant here the storage capacity of the battery. For example, the dynamic power decreases by a factor of 3-4 during the discharging of the battery from the fully charged state to the state of total discharge. The dynamic power of an accumulator or a battery that was discharged for several months before being recharged also increases by a factor of 3-10, due to intensified sulfating.

In this known testing procedure or testing device, one only gains information on the actual condition of the tested unit, but one does not know whether this "bad" actual condition of the tested unit is caused by the tested unit being only at least partly discharged, or whether it has lost some or all of its original storage capacity by aging, sulfating, or other circumstances. This means that, whenever a "bad" condition of the tested unit is determined, it is charged, even when a charging of the unit is no longer advisable due to its extremely bad physical condition, e.g., total loss of its storage capacity. Only this charging of the unit and a new test reveal that the "bad"

actual condition of the unit is caused by its poor physical condition; since the charging eliminates the other possible cause of the "bad" actual condition, namely, partial discharge. The oftentimes unnecessary charging of a defective battery in order to establish that it is defective involves a needless and not inconsiderable loss of time and expenditure.

Advantages of the Invention

The testing procedure according to the invention with the characterizing features of the main claim has the advantage that the tested unit need not be charged in order to determine its physical condition, i.e., its actually available storage capacity. In the testing procedure according to the invention, both the charge state of the tested unit, such as full, partly discharged, or empty, and the physical condition of the unit are determined, so that the tester immediately knows whether or not a charging of the unit is advisable, due to its physical condition. This can save the expenses of a possibly needless charging and the associated loss of time.

The testing device indicated in Claim 2 to carry out the procedure has, besides the already above-mentioned advantages, the further advantage of easy handling and operability. The tester needs only connect the tested unit to the device and start a testing procedure. The test result is put out to him on the display device, namely, the physical condition of the tested unit on the one hand, and its charge condition on the other. At a glance, therefore, the tester can realize whether the unit needs to be charged and whether or not the qualitative condition of the unit justifies charging it.

The measures indicated in the other claims enable advantageous developments and improvements of the testing device. Especially advantageous here are the measures per Claim 10 or 11, for in this way the structural volume of the testing device can be very small in size, and the manufacturing costs of the testing device can be kept low.

Drawing

A sample embodiment of the invention is presented in the drawing and explained more closely in the following description. This shows

Figure 1 a schematic depiction of functional relations of the no-load voltage U_B in dependence on the ampere-hour capacity Ah or the a.c. internal resistance R_s in dependence on the ampere-hour capacity Ah for an automotive battery of particular type.

Figure 2 a block diagram of the layout of a testing device for testing an automotive battery.

Description of the sample embodiment

First the testing procedure for d.c. sources such as accumulators, batteries, or the like, shall be briefly sketched by means of figure 1, based on the testing of an automotive battery, which will then be further explained in the subsequent description of the testing device. In the testing

procedure, one first determines the a.c. internal resistance R_s of the automotive battery being tested, hereafter called the tested unit, and measures its d.c. no-load voltage U_B . These two measured values are combined - as can be seen from figure 1 - in mutually correlated characteristic functional relations of the no-load voltage U_B in dependence on the ampere-hour capacity Ah and the a.c. internal resistance R_s in dependence on the ampere-hour capacity Ah for each different physical condition of an automotive battery of the same type as the tested unit. Such characteristic functional relations can be represented as characteristic fields figure 1 or as approximated mathematical functions.

Thus, figure 1 shows, for an automotive battery of the same type as the tested unit, i.e., same rated capacity, rated voltage, and same structural design (e.g., lead storage battery or nickel-cadmium storage battery), its characteristic functional relations $U_B = f(Ah)$ and $R_s = f(Ah)$ as a characteristic field. Correlated functional relations are each characterized by the same type of line. The unbroken characteristic lines here represent the corresponding characteristic functional relations for a new battery. One notes that with increasing discharge, the d.c. no-load voltage U_B of the battery decreases and the a.c. internal resistance increases. For the same, but aged battery, one gets the characteristic functional relations according to the dash lines. If the battery is aged even further, i.e., its storage capacity has further decreased by progressive sulfating, one gets the characteristic functional relations according to the dot and dash lines. The same battery in relatively poor physical condition is characterized in its characteristic functional relations by the dotted lines. One sees that with worsening of the physical condition of the battery both the no-load voltage U_B decreases and at the same time the a.c. internal resistance R_s increases. The individual characteristics $U_B = f(Ah)$ and $R_s = f(Ah)$ essentially preserve their characteristic trend as described above.

If, now, one combines the two measured values found for no-load voltage U_B and a.c. internal resistance R_s in correlated characteristic functional relations $U_B = f(Ah)$ and $R_s = f(Ah)$ for the same ampere-hour capacity Ah removed (represented in figure 1 by the intersections between the measured value lines and the associated characteristics), one obtains a separate statement, on the one hand, as to the charge condition of the tested unit (ampere-hour capacity Ah removed) and, on the other hand, as to the physical condition or the storage capability of the tested unit (dot and dash line = relatively poor).

The testing device for d.c. sources such as accumulators, batteries, or the like, to carry out the above-described testing procedure, is schematically shown as a block diagram in figure 2. Here, the automotive battery to be hooked up for testing to the device, hereafter known as the tested unit, is designated by 10.

The testing device has a resistance meter 11 for measuring the a.c. internal resistance of the tested unit. This consists of a constant-current generator 12 and a voltage amplifier 13. The constant-current generator 12 is connected to the terminals of the tested unit 10 and feeds it a constant current of very low intensity and constant frequency, preferably 100 Hz. The voltage amplifier 13 is configured as a selective amplifier tuned to the frequency of the constant-current generator 12, and it also contains a direct current gate. The voltage amplifier 13 is likewise connected to the terminals of the tested unit 10 and it detects and amplifies the alternating

voltage drop at the terminals of the tested unit 10.

The testing device, moreover, has a voltage measuring system 14, which basically consists of a d.c. amplifier 15. This is likewise connected to the terminals of the tested unit 10. To improve the voltage measurement, the d.c. amplifier 15 can also receive an offset voltage.

The testing device also has a first memory 16, which saves the characteristic functional relations of the no-load voltage U_B and the ampere-hour capacity Ah of at least one automotive battery of the same type as the tested unit for each selected different physical condition of same. As already mentioned above, by physical condition is meant here the storage capacity of the battery, which can decline from that of a new intact battery by aging process, especially as a result of sulfating or grounding or by other circumstances. In order to allow universal use of the testing device, the above-mentioned characteristic functional relations are saved in memory not just for one battery type, but for all customary battery types. Likewise, in a second memory 17, the characteristic functional relations of the a.c. internal resistance R_s and the ampere-hour capacity Ah are saved for each of the same selected conditions as the functional relations in the first memory 16. The functional relations here can be saved either as characteristic fields or as approximated mathematical functions. It is advantageous to normalize the individual characteristic functional relations, and this preferably to the rating values, in order to reduce the number of relations memorized. For all batteries of the same kind, lead or alkaline accumulators, but different rated capacity and rated voltage, it is then enough to memorize a single characteristic field or a few mathematical functions for each of the different physical conditions.

The two measuring devices, i.e., resistance measuring unit 11 and voltage measuring unit 14, and the memories 16, 17, are connected to an operator 18, which preferably works digitally and can be configured as a microprocessor. Since the measured values of the measuring units 11, 14 are put out as analog signals, these must be converted into digital values for processing in the operator 18. An analog/digital converter 19 hooked up between the measuring units 11 and 15 and the operator 18 serves for this. In order to make do with a single analog/digital converter 19, an analog switch 20 is connected upstream from it, and it alternately feeds an analog measured value signal from the resistance measuring unit 11 or the voltage measuring unit 14 to the analog/digital converter 19. The analog switch 20 is connected by both its inputs to the outputs of the voltage amplifiers 13, 15 and its output is connected to the input of the analog/digital converter. The digital measured-value signals supplied to the operator 18 via the analog/digital converter 19 are kept in a cache memory 21 of the operator 18 until the end of a testing procedure.

The operator 18 has a calculator 22 and a comparator 23. The calculator 22 calculates or determines, for the measured no-load voltage of the tested unit 10 arising as a signal at the input of the operator 18 or in its cache memory 21, an assigned value of the a.c. internal resistance R_s from the relations saved in memory and furnishes this as output signal to the comparator 23. By one output of the operator 18, the comparator 23 is connected to a display device 24. Besides the output signal of the calculator 22, the comparator also receives as input signal the value of the measured a.c. internal resistance arising as a signal at the operator 18 or in its cache memory 21. The comparator 23 now works such that, if its two input signals coincide or essentially

approximately coincide, it puts out an output signal to the display device 24, which in turn activates a display function.

The operator 18, furthermore, has a controller 25 connected to the comparator 23 and the calculator 22. This controller 25 is constructed such, and connected to the comparator 23 and the calculator 22 such, that when the input signals of the comparator 23 do not coincide or approximately coincide, the latter puts out a signal to the controller 25, which triggers a control signal here. This control signal of the controller 25 causes the calculator 22 to carry out a calculation or determination cycle, as described above, while at the end of each individual cycle an output signal is put out to the comparator 23. However, these calculation or determination cycles are not identical, but instead occur with the memorized relations for a particular physical condition of the battery. During each cycle, a memorized relation for a particular physical condition of the battery is read out from the memory 16, 17 and processed. The first cycle... advisedly starts with the relations for the best physical condition of the battery.

In order to enter the characteristic data of the tested unit 10 into the calculator 22, a data entry device 26 is connected to the operator 18. Through this data entry device, the rated capacity, the rated voltage, and the type of tested unit 10, e.g., lead or nickel-cadmium battery, are entered. Furthermore, the temperature of the tested unit can also be entered, to eliminate temperature influences.

In order to compensate for measurement errors, which may be caused by surface charge of freshly charged tested units or by defective cell connectors in the tested unit, a high-current pulse generator 27 is additionally connected to the tested unit 10, which applies a high-current pulse to the tested unit 10 before the actual testing procedure begins. This high-current pulse has, for example, a current intensity at the magnitude of the load current of the tested unit and a duration of several seconds. This high-current pulse, first of all, gets rid of the surface charge of a freshly charged tested unit and, secondly, tests its cell connectors. If these are already very bad, they will be completely disrupted by the high-current pulse.

The testing device is outfitted with a time switch 28, which determines the "timing" of the individual processes during the testing procedure. The time switch 28 is connected to the high-current pulse generator 27, the constant-current generator 12, the analog converter 20 [sic!] and the operator 18. A starting pulse for the testing procedure, furnished by a starter 29 to the operator 18, sets the time switch 28 in operation. This brings about the switching on and off of the high-current pulse generator 27 and the constant-current generator 12, as well as the switching of the analog switch 20 for the alternating transmission of the analog measured-value signals at the output of the voltage amplifiers 13 and 15 of the resistance measuring unit 11 or the voltage measuring unit 14 to the analog/digital converter 19.

It is possible to assemble the operator 18, the two memories 16 and 17, which moreover can be formed by a single memory, the analog/digital converter 19, the analog switch 20, the time switch 28, and at least parts of the display unit 24 into a so-called "single-chip microprocessor". This leads to considerable cost and volume reduction for the testing device.

The display device 24 has separate display fields 30 and 31, on the one hand for the display of the physical condition, characterized in figure 2 by A, B and C, and on the other hand for display of the charge state, characterized in figure 2 by 1, 2, 3. The display fields 30, 31 are selectively actuated by the operator 18 via the display device 24. Instead of the display fields 30, 31, it is also possible to hook up to the display device 24 a digital display, a band of consecutively lighting LEDs, a printer for text output, or the like.

The general power supply for the testing device comes through the tested unit 10, so that the testing device can be used anywhere, regardless of available power supply mains.

The mode of operation of the above-described testing device is as follows:

First, the tested unit 10 is connected to the testing device. After this, the tester must activate the starter 29. The testing of the tested unit 10 occurs spontaneously and a display field 30 and a display field 31 each light up in the display device 24, showing the physical condition of the tested unit and the charge state of the tested unit. For example, if the display field 30 lights up with "A" and display field 31 with "2", this means, e.g., that the physical condition of the tested unit, i.e., its storage capability, is the best it can be, i.e., it is a new battery, and the tested unit 10 is partly discharged. Accordingly, the display field 30 with "C" identifies a tested unit with very poor storage capacity and the display field 31 with "1" a completely charged unit 10.

Specifically, the following takes place during the testing procedure: the time switch 28 first sends a starting pulse to the high-current pulse generator 27, which as described above applies a high-current pulse to the tested unit 10. After this, the actual testing procedure begins with turn-on of the constant-current generator 12, likewise by a control pulse of the time switch 28. The time switch 28 with another pulse controls the analog switch 20 such that, e.g., the resistance measuring unit 11 is first connected to the analog/digital converter 19. The resistance measuring unit 11 measures the alternating voltage drop at the terminals of the tested unit 10 and applies this as an amplified analog signal to the analog/digital converter 19. This furnishes to the operator 18 a corresponding digital measured-value signal of the a.c. internal resistance of the tested unit, which is kept in the cache memory 21.

The analog switch 20 is switched by another control pulse of the time switch 28, so that now the input of the analog/digital converter 19 is connected to the output of the voltage measuring unit 14. The terminal d.c. voltage of the tested unit 10 is amplified via the d.c. voltage amplifier 15 and furnished as an analog measured-value signal to the analog/digital converter 19, which likewise puts out a corresponding digital measured-value signal of the no-load voltage of the tested unit 10 to the operator 18, where this is likewise kept in the cache memory 21. From the data entry device 26, the characteristic data of the tested unit 10 entered prior to the start of the testing procedure are entered into the calculator 22. By means of these characteristic data, the calculator 22 reads out from the two memories 16, 17 a characteristic functional relation of the no-load voltage U_B in dependence on the ampere-hour capacity Ah ($U_B = f(Ah)$) and a coordinated characteristic functional relation of the a.c. internal resistance R_S in dependence on the ampere-hour capacity Ah ($R_S = f(Ah)$) of a d.c. source which is the same type as the tested unit 10, and this for a d.c. source having the best physical condition, i.e., maximum storage

capacity. The calculator 22 now calculates or determines, with the measured value of the no-load voltage of the tested unit and the memorized functional relations, a coordinated value of the a.c. internal resistance and puts this out as the output signal, which is furnished to the comparator 23. The comparator compares this output signal with the measured value of the a.c. internal resistance, which is furnished to the comparator 23 from the cache memory 21. It is assumed that the comparator 23 at first establishes no coincidence or approximate coincidence of the two input signals, since the output signal of the calculator 22 is smaller than the measured-value signal of the a.c. alternating resistance. According to what was said above, the comparator 23 thus puts out an output signal to the controller 25, which in turn triggers a control signal that goes to the calculator 22. The control signal instructs the calculator 22 to again read out a characteristic functional relation $U_B = f(Ah)$ and the coordinated functional relation $R_s = f(Ah)$ from the two memories 16 and 17, but now for a physical condition of the same d.c. source that is one step worse. The calculator 22 determines with the functional relations now read out and still the same measured value of the measured no-load voltage of the tested unit 10 a new value of the a.c. internal resistance and puts this out as output signal to the comparator 23. If, now, this output signal is approximately equal to the measured-value signal of the a.c. internal resistance, the comparator 23 establishes a coincidence and, as described above, puts out a pulse to the display device 24. The number of the calculation or determination cycles performed by the calculator 22 is a measure of the physical condition of the tested unit 10, i.e., the more calculation cycles performed by the calculator 22, the worse the physical condition or the storage capacity of the tested unit 10. As soon as an output signal reaches the output of the comparator 23 connected to the display device 24, the display device 24 turns on one of the display fields 30 corresponding to the number of cycles of the calculator 22; here, for example, the display field "B", for two cycles of the calculator 22. This tells the person performing the test that the tested unit 10 has a reduced, but still adequate storage capacity. Since the Ah-value is automatically calculated or determined during the calculation or determination of the value of the a.c. internal resistance by the calculator 22, it is present at the display device 24 thanks to the connection between it and operator 18 and when the output signal arrives at the output of the comparator 23 that is connected to the display device 24 it can bring about the turn-on of a corresponding display field 31, e.g., the display field 31 with "2". This tells the person performing the test that the tested unit 10 is already partly discharged.

R. 5572
8 June 1979

ROBERT BOSCH GMBH, 7000 Stuttgart 1

Claims

1. Testing procedure for d.c. sources, like accumulators, batteries, etc., in which the a.c. internal resistance of the d.c. source being tested (the tested unit) is measured as a characteristic of its condition, characterized in that one also measures the no-load voltage of the tested unit (10) and by matching up the measured values of the no-load voltage (U_B), on the one hand, and the internal resistance (R_S), on the other, in correlated characteristic functional relations of the no-load voltage (U_B) in dependence on the ampere-hour capacity (Ah) and the a.c. internal resistance (R_S) in dependence on the ampere-hour capacity (Ah) for different physical conditions of a d.c. source of the same type as the tested unit (10), one obtains a separate verdict on the charge state, on the one hand, and physical condition, on the other.
2. Testing device for d.c. sources, like accumulators, batteries, etc., for carrying out the testing procedure of Claim 1, with a voltage measuring unit that measures the a.c. internal resistance of the tested unit and with a display device putting out the condition of the tested unit, characterized by a voltage measuring unit (14) that measures the no-load voltage of the tested unit (10), a first memory (16), in which are kept the characteristic functional relations of the no-load voltage (U_B) and the ampere-hour capacity (Ah) of at least one d.c. source of the same type as the tested unit (10) for various selected physical conditions of same, a second memory (17), in which are kept the characteristic functional relations of the a.c. internal resistance (R_S) and the ampere-hour capacity (Ah) of at least one d.c. source of the same type as the tested unit (10) for various selected physical conditions of same, an operator (18) connected to the resistance measuring unit (11), the voltage measuring unit (14), and the memories (16, 17), having a calculator (22), which calculates or determines a coordinated value of the a.c. internal resistance (R_S) from the memorized relations for the no-load voltage (U_B) of the tested unit (10) measured and arising as signal at the input of the operator (18), and a comparator (23), which puts out a display signal to the display device (24) connected to the operator (18) upon coincidence or substantially approximate coincidence between the a.c. internal resistance (R_S) measured and arising as signal at the input of the operator (18) and the output signal of the calculator (22).
3. Testing device per Claim 2, characterized in that the operator (18) has a controller (25).

which is designed such and connected to the comparator (23) and the calculator (22) such that the latter runs through a calculation or determination cycle with each control signal of the controller (25), wherein consecutive cycles occur, each with the memorized relations for a particular physical condition of the d.c. source, being read out in succession from the memories (16, 17), preferably starting with the relations for the best physical condition, and in the controller (25) a control signal is triggered for each difference of the input signal of the comparator (23).

4. Testing device per Claim 2 or 3, characterized in that a data entry device (26) is connected to the operator (18), by means of which the characteristic data of the tested unit (10), such as rated voltage, rated capacity, and type, can be put into the calculator (22).
5. Testing device according to one of Claims 2-4, characterized in that the operator (18) has a cache memory (21), which stores input signals corresponding to the measured no-load voltage (U_b) or the measured a.c. internal resistance (R_s).
6. Testing device according to one of Claims 2-5, characterized in that the voltage measuring unit (14) and the resistance measuring unit (11) are connected to the operator (18) via an analog switch (20) and an analog/digital converter (19).
7. Testing device according to one of Claims 2-6, characterized in that the resistance measuring unit (11) has a constant-frequency constant-current generator (12) that can be connected to the tested unit (10) and a voltage amplifier (13) that can be connected to the tested unit (10), which is preferably designed as a selective amplifier with d.c. gate that can be tuned to the frequency of the constant-current generator (12).
8. Testing device according to one of Claims 2-7, characterized in that the voltage measuring unit (14) has a d.c. voltage amplifier (15) that can be connected to the tested unit (10), at which an offset voltage is preferably applied.
9. Testing device according to one of Claims 2-8, characterized in that a high-current pulse generator (27) which can be turned on shortly before activation of the measuring units (11, 14) is provided, which can be connected to the tested unit (10).
10. Testing device according to Claim 9, characterized in that a time switch (28) putting out control pulses of different time is provided, being connected to the high-current pulse generator (27), the constant-current generator (12), and the analog switch (20).
11. Testing device according to one of Claims 2-10, characterized in that the operator (18) is configured as a microprocessor.
12. Testing device according to Claim 10, characterized in that the operator (18), the memories (16, 17), the analog switch (20), the analog/digital converter (19), the time switch (28), and at least parts of the display device (24) are assembled in a single-chip microprocessor.

13. Testing device according to one of Claims 2-12, characterized in that the display device (24) has separate display fields (30, 31) for display of the physical condition and for display of the charge state of the tested unit (10), being selectively actuated by the operator (18).

Figure 1

key:

MESSWERT = measured value

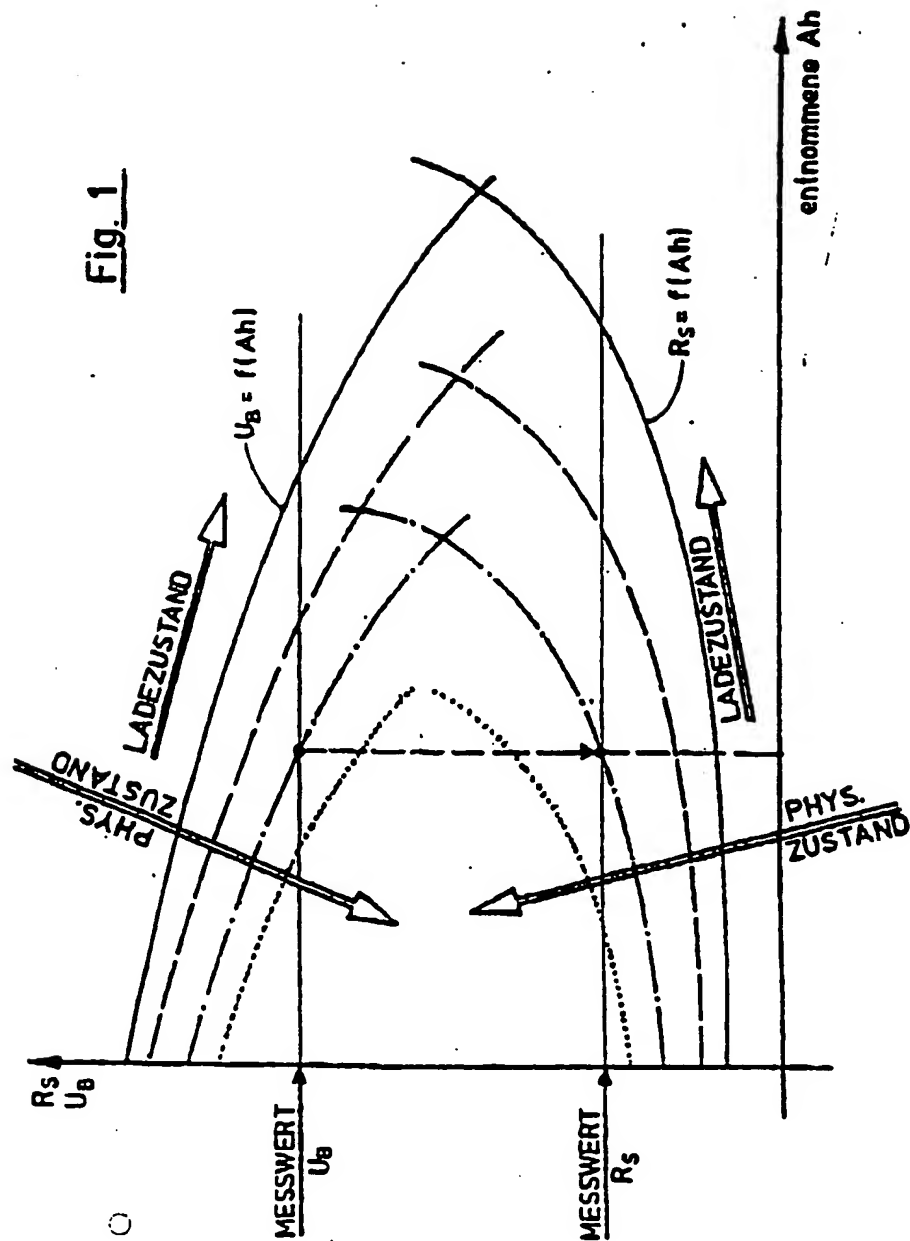
PHYS. ZUSTAND = physical condition

LADEZUSTAND = charge state

entnommene Ah = Ah removed

1/2

0022450



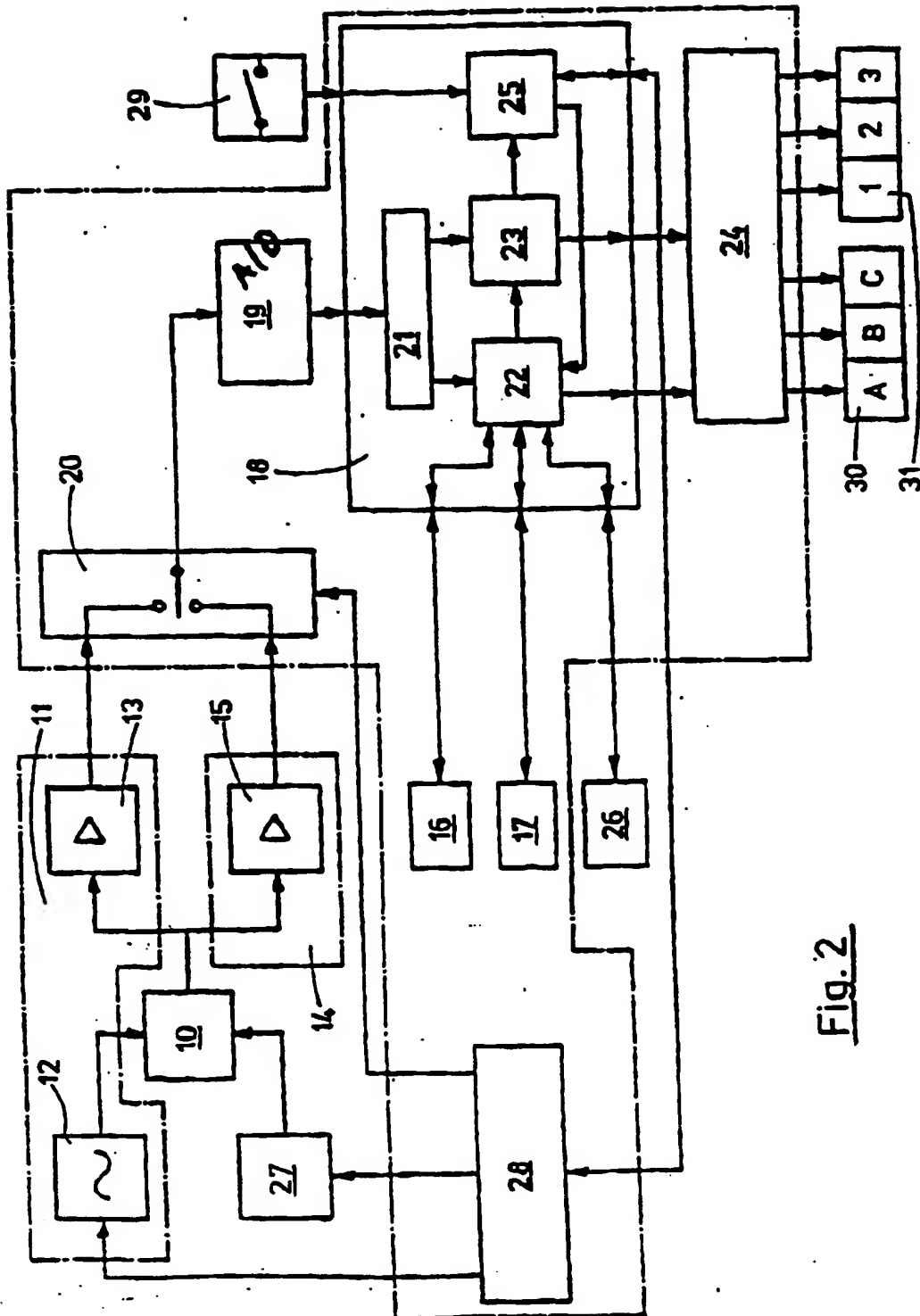


Fig. 2

European Patent Office Application number:
EUROPEAN SEARCH REPORT
EP 80 10 1949.8

RELEVANT DOCUMENTS

Category	Title of document, indicating the critical passages as necessary	Re.: Claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int. CL5)
	<u>DE - B2 - 2 244 285</u> (K.S. CHAMPLIN) 1, 2 * Column 4, Line 52 to Column 6, Line 47 *		G 01 R 31/36 H 01 M 10/48
	<u>BE - A - 776 529</u> (VARTA S.P.A. et al.) 2, 3 * Page 5, paragraph 4; figure 9 *		
	RESEARCH DISCLOSURE, No. 167, March 1978 "Battery Condition Status Indicator" Page 14, Reference 16717		

TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int. CL5)

G 01 R 31/00
G 01 R 31/36
H 01 M 10/48
H 02 J 7/10
H 02 J 7/14

CATEGORIES OF CITED DOCUMENTS

X: of special importance in itself
A: technological background
O: unwritten disclosure
P: intervening literature
T: theories or principles underlying the invention
E: older patent document, yet published only on
or after the application date
D: document mentioned in the application
L: document mentioned for other reasons

&: Member of same patent family, concurring
document

The present search report has been drawn up for all patent claims.

Place of Search:
Berlin

Search completion date:
20 October 1980

Examiner:
LEMMERICH

324-20.5

Cellulose

*A paper to be presented at the Twenty-
first General Meeting of the American
Electrochemical Society, in Boston,
Mass., April 18-20, 1917.*

19

[Advance Copy. Subject to Correction. Not to be published
before the date of the meeting. Discussion Invited.]

PERFORMANCE OF DRY CELLS.

By CARL HAMMUTCHEN.

Since 1908 the writer has made examination and tests on several thousand dry cells for the purpose of determining their characteristics and performance as judged by methods of testing in common use. The cells examined included the products of various leading manufacturers supplying the American market. This work has done for the French Battery & Carbon Company, of Madison, Wisconsin, and it was through the courtesy of this company that permission was secured to draw upon the records for information which may be of some general interest to dry-cell users.

There are three important characteristics of dry cells by which merit is judged, these being commonly designated as the "flash" or "short-circuit current," the "shelf life" and the watt-hour output or "service capacity."

The first is of the least importance and the last is the most important, as determining the actual merits of the product, but as to the frequency of use this order is reversed, and it is by the flash test that the largest proportion of dry cells sold are judged. The dealer tests the barrel of dry cells when received by means of the ammeter, the customer in turn goes over the dealer's stock and picks out cells which show the "most amperes." To those who have given the matter some thought it is evident that the merits of the cell cannot be determined solely by the initial amperage, but the test is nevertheless in general use and is an important factor. The principal reason for this test is apparently its simplicity and rapidity, coupled with the fact that it does tell whether the cell has a high or low internal resistance and whether it is alive or dead. This test being used as an indication, it is natural that the purchaser would choose cells which show the

highest test, that the dealer therefore finds it easier to sell a higher testing product, and that this influence extends to the maker in prompting him to turn out a high-testing product.

That there has been a tendency in this direction during the past few years, of increasing the flash test, is indicated by the curves in Fig. 1. These were compiled from many observations of the standard size 6 inches (15 cm.) high by $2\frac{1}{2}$ inches (6 cm.) diameter dry cells of the most prominent makes.

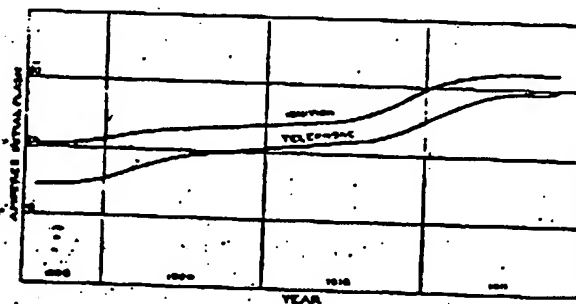


FIG. 1.

Thirteen years ago comparative tests were made on twelve different brands of dry cells on the American market; these tests being carried out in the Applied Electrochemistry Laboratory, of the University of Wisconsin. They indicated that the flash test or initial amperage of cells at that time varied between two and ten amperes. There has been a gradual upward tendency since that time, and that this upper tendency is still continuing is shown by the curves above referred to. An attempt has been made to separate the 6 in. (15 cm.) dry cells into two classes, namely, those intended for telephone service, door bell and signal work and the like, and those intended for gas-engine ignition. It will be seen that since 1908 the initial amperage of the ignition type has been raised from 20 to over 30 amperes, while with the telephone type the amperage has been raised from 15 to nearly 30 amperes. In considering this decided upward tendency it is interesting to speculate how much further it will be carried, and as to whether the other and more important characteristics of dry cells are being likewise improved.

There are various methods by which the initial amperage may

be
tiv
a
en:
by
by
att
isti
apl
any
wa
im
hig
?
rec
a o
eith
ado
rest
chal
V
cell
are
exte
dete
nent
alan
rese
supp
A
publ
deter
peral
Tran
349
of m
This
decre

be increased, including the use of graphite and higher conductive carbon, the increase in the percentage of this material with a corresponding decrease in the manganese and other constituents, by the use of various chemicals which increase the activity, by the use of thinner and more porous lining for the cells and by the density and hardness of stamp, etc.

The question naturally presents itself as to whether in the attainment of a high flash some of the other desirable characteristics may not be sacrificed, and from the writer's observation it appears that during the past three years there has been little if any improvement in the cell durability or shelf-wear or in the watt-hour capacity; in fact there is some evidence that these important qualities have been sacrificed in the attainment of high amperage.

There is an impression which is becoming more generally recognized that high amperage alone is a false criterion, and that a cell possessing it is likely to suffer more rapid deterioration either in storage or for long time service. In all probability the adoption of certain simple and standard methods of testing will result in more attention being given to the more important characteristics of long life and energy output.

While there are certain classes of service in which the dry cell is naturally expected to run down within a few weeks, there are larger fields for usefulness where the service must be extended over many months and even a year, and in which deterioration when the cell is not in use naturally plays a prominent part. These classes of service include telephone, signal and alarm service, and where the dry cells are used as an emergency reserve in the failure of other sources of electrical energy supplied.

A question of great importance and upon which there is little published information is this, "What is the rate of normal shelf-deterioration for a standard well made cell under normal temperature conditions?" From statement by Mr. D. L. Ordway, Transactions of the American Electrochemical Society, 17, page 349 (1910), the shelf life of a cell may be taken as the number of months before the short-circuit current reaches 10 amperes. This 10 amperes is taken not because it indicates a corresponding decrease in the output capacity of the cell, but because it repre-

sents a value such that the dealer could not dispose of the cell to the average consumer. The best cells in the market have a shelf life on this basis of 12 to 15 months, while 10 to 12 months is given as more nearly the shelf life obtained with the high-grade cells now on the market. Mr. W. B. Pritz, Transactions of American Electrochemical Society, 19, 39 (1911), gives data showing the variation of shelf deterioration at various temperatures. At 25° C. a 22 ampere cell will drop 10 per cent. in amperage in ten weeks on open circuit.

From a large amount of data the writer has endeavored to compile a curve which will show a normal deterioration of the more prominent types of cells on the market during the past year. This is difficult on account of the wide variation in per-

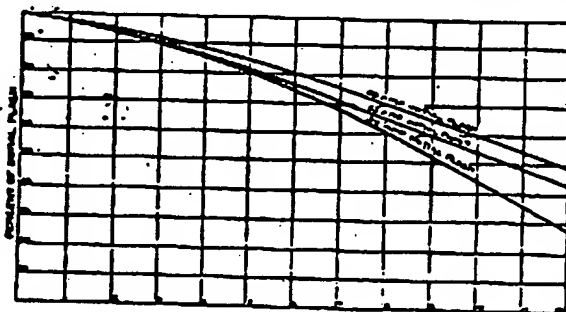


FIG. 2.

formance, not only as among cells of different makes, but even as among cells of any one make. Basing judgment upon the results obtained from over a thousand cells made in the latter part of 1910 and during 1911, the curves in Fig. 2 may be taken as representative of the better grades of 6 in. (15 cm.) dry cells. These curves express the percentage of the original flash which cells should show after various intervals of storage up to one year. It has been observed that cells made with higher initial amperage show a more rapid deterioration than those made initially of the lower flash test as indicated by the three curves for cells having initially 20, 25 and 30 amperes respectively. It has been pointed out by Messrs. Pritz and Ordway that the falling off in flash tests does not by any means indicate a corresponding

reduction
confirmat
cells be im
that mark

It is hop
ing year to
as may be
and that
through w
may be de

Northern

[Written o
the Secret

reduction in useful service capacity, and the writer wishes to confirm these observations. Nevertheless, it is desirable that cells be improved for shelf wear and the above curves indicate that marked opportunity for improvement exists.

It is hoped that more attention may be given during the coming year to dry-cell testing, especially along such standard lines as may be recommended by the American Electrochemical Society, and that later results may be presented by various observers through which more accurate knowledge concerning dry cells may be derived.

*Northern Chemical Engineering Laboratories,
Madison, Wis.*

[Written discussion of this paper is invited, and may be sent to the Secretary, Prof. Jos. W. Richards, South Bethlehem, Pa.]

A paper presented at the Seventy-ninth General Meeting, held at Cleveland, Ohio, April 18, 1941, A. C. Zochlin presiding.

A BRIDGE FOR MEASURING STORAGE BATTERY RESISTANCE¹

By EUGENE WILLIHCANE²

ABSTRACT

An alternating current Wheatstone bridge has been designed and built which can be used to measure battery resistance of the order of 0.004 ohm with an estimated accuracy of 2%.

INTRODUCTION

In the study of the lead acid storage battery, a knowledge of the internal resistance is important, particularly in interpreting the voltage loss during discharge. The available technical literature carries practically no resistance data applicable to the modern lead acid storage battery. Furthermore there is apparently no instrument generally available for the measurement of this important quantity.³ Experiments were therefore conducted in an effort to design an apparatus which would be suitable for routine laboratory use in the measurement of the internal electrical resistance of storage batteries.

DESIGN

The Wheatstone bridge is generally used for the measurement of electrical resistance. Bridges which were hitherto available, however, were not suitable for the measurement of the resistance of batteries of the type used in the modern automobile and it was necessary to make certain alterations before they could be used. When such alterations were made it was found that errors due to leakage of electric current, and due to the electrostatic capacity between parts of the bridge, became negligible, but contact resistance errors and inductive effects became extremely important.

A bridge assembly which reduces these errors to a reasonable amount and is still practical for routine use is shown in Fig. 1 and 2, and the parts are listed in Table I.

This bridge embodies well known principles of design, and differs from previous bridges in only a few details. These few details, however, are essential to accuracy of results and convenience in manipulation.

To insure adequate sensitivity, the bridge output is amplified by a three-stage high gain amplifier, which feeds into a pair of earphones. This amplifier has a rated gain of 140 decibels; that is, for an output of 1 watt it requires an input of only 10^{-14} watts. This amplification has

¹ Manuscript received January 29, 1941.

² National Lead Company Res. Lab., Brooklyn, N. Y.

³ For a summary of past work see Vinal, "Storage Batteries," 3d Edition, Wiley & Sons, New York City (1940).

been practical only during the past few years, and is a development which is essential to the new bridge. A reasonable condenser capacity is obtained by making the ratio arms of the bridge of high resistance. This does not decrease the sensitivity because the amplifier input is also of high impedance. This arrangement also minimizes contact resistance errors, because almost all temporary connections are located

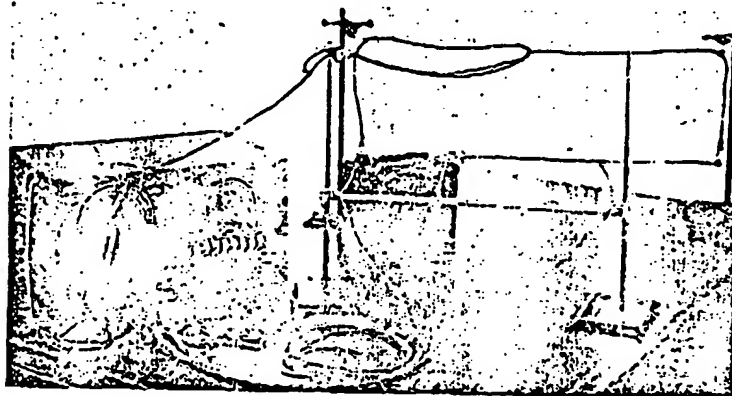


FIG. 1. The bridge assembly; battery, standard resistor, and leads to box containing oscillator, slide wire, and coils, condensers, and amplifier.

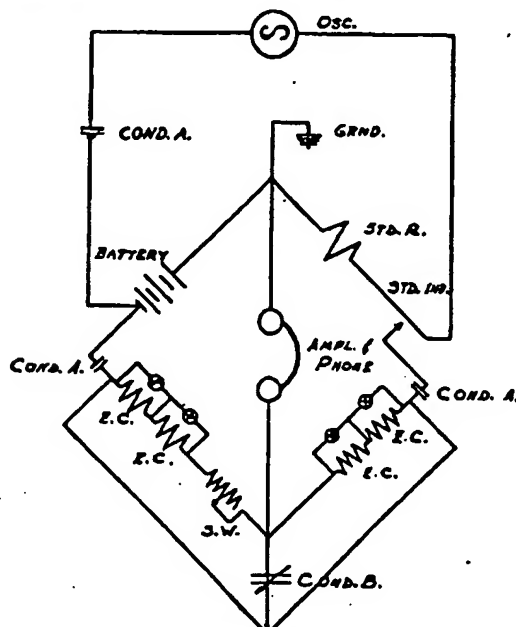


FIG. 2. Wiring diagram of the Wheatstone bridge. Cond. = condensers; E.C. = end coils; S.W. = slide wire.

in the high where they of which m test battery can be mea battery term ference in tact resistanc resistance is Another the condition order of m

OSC. =

STD. R.

STD. I.

GRND.

COND.

COND.

S.W. =

E.C. =

AMPL.

and for the balance can condenser in however, the since certain practical purp in series wit straight copp oscillator lead lead to the make the com mfd. Under could be negh The movable one complicat

opment
apacity
istance.
nput is
contact
located

in the high resistance arms of the bridge or in the oscillator circuit, where they are relatively unimportant. The only contact, the resistance of which might introduce appreciable error, is the contact between the test battery and the standard resistor. The resistance of this contact can be measured, however, by shifting the amplifier lead from the battery terminal to the clamp carrying the standard resistor. Any difference in apparent resistance produced by this shift represents contact resistance. If the contact surfaces are kept properly cleaned, this resistance is negligible.

Another point to be considered is the inductance balance. Under the conditions of measurement, the inductive reactance is of the same order of magnitude as the resistance, both for the standard resistor

TABLE I
Parts of the Bridge.

OSC. =	Oscillator; Triplet Model 1240 Pentode Oscillator with one stage amplifier; operates on 110 v. a.c. Output impedance, 15 ohms.
STD. R. =	Standard Resistor, straight $\frac{1}{4}$ in. (6.4 mm.) diam. constantan rod 7 in. (178 mm.) long, 0.00400 ohms.
STD. IND. =	Standard Inductance, 16 in. (41 cm.) copper rod $\frac{1}{4}$ in. (6.4 mm.) diam.
GRND. =	Ground; also connected to amplifier and cable shield.
COND. A. =	Condensers; 8 mfd. electrolytic, positive to left side of the bridge, used to block d.c. from parts of the bridge. These condensers were not used during the calibration with d.c.
COND. B. =	Condenser; variable, air dielectric 0.001 mfd.; supplemented by mica dielectric fixed condensers, total capacity 0.050 mfd.
S.W. =	Slide Wire; 4,000 ohm wire-wound rheostat.
E.C. =	End Coils; non-inductive resistances 2,500 ohms. I.R.C. type WW4. 1% accuracy, with switch.
AMPL. =	Amplifier; ultra high gain, Lafayette Model 244A, 3-stage, screen grid, resistance coupled.

and for the battery. These reactances are not necessarily equal, but a balance can be obtained either by equalizing them or by inserting a condenser in the ratio arms of the bridge. If a condenser is used, however, the calculation of resistance becomes somewhat involved, since certain corrections for phase angle must be introduced. For practical purposes it appeared better to introduce a variable inductance, in series with the standard resistor. This was done by fastening a straight copper rod in line with the standard resistor, putting the oscillator lead at the far end of this copper rod, and then making the lead to the ratio arm movable. This movable lead was adjusted to make the condenser reading under balanced conditions less than 0.0003 mfd. Under these conditions, the condenser current and phase angles could be neglected and the total error introduced was only 2%, or less. The movable lead method of balancing battery inductance introduces one complication. The copper rod has some resistance, and whenever

the position of the lead is shifted, the effective resistance of the standard resistor is changed. This change of resistance of the standard may usually be neglected, but when large shifts are made, it is necessary to change the value of the standard resistor used in the calculation.

Inductance errors of the bridge are negligible only when care is exercised in placing the leads. It was found necessary to install the current-carrying wires (oscillator leads, standard resistor, and cell connectors of the battery which carry practically all of the current) at right angles to the potential carrying leads (the connections to the slide wire and condenser which carry only an infinitesimal amount of current). Otherwise it was found that appreciable parasitic voltages were induced in these potential leads, and these in turn introduced errors in both the resistance and the inductance readings. The potential leads are carried to the slide wire in a 3-wire shielded cable and the oscillator leads are carried to the oscillator in a separate cable which is kept away from the first cable as far as possible.

TABLE II
The Effect of Frequency on the Apparent Resistance of the Battery.

Frequency	Apparent Resistance
5,000 cycles	0.00270 ohm
4,000	0.00270
3,000	0.00270
2,000	0.00270
1,000	0.00272
500	0.00272
250	0.00272

No appreciable inductive effects between the oscillator and the amplifier were observed. This observation was made by comparing resistance measurements made when the oscillator was 20 ft. (6 m.) from the amplifier, with resistance measurements made when the oscillator was within 6 in. (15 cm.) of the amplifier. The only precaution exercised was to keep the oscillator leads twisted. Another independent method, which indicated that this inductive effect is negligible, involved exploring the oscillator field with a coil of wire which was connected to the amplifier. The inductance effects were so small that only a very faint hum was heard in the earphones. A third test consisted of reversing the oscillator leads at each possible point. No change was found in the apparent resistance. It was estimated that inductive effects between the oscillator and the amplifier introduced errors of considerably less than 1%.

Another possible source of error is the "skin effect" which becomes noticeable when a high frequency alternating current is used. The alternating current, in the experiments on this modification of the Wheatstone bridge, was set at 3,000 cycles, because it was found that at this frequency a precise balance of the bridge could be obtained without a bothersome first harmonic from the oscillator. Furthermore, this high frequency eliminated polarization troubles. Such high fre-

quencies, the current through resistor is less than would be the case.

The effect of the frequency on the apparent resistance is shown in Table II.

Since the frequency capacity is negligible, the equation

where R is the resistance

The battery was the appropriate circuit as the arm then balanced from the calculate galvanometer phones, again constant in the d.c. I

The battery type and elsewhere results of this altering the

An alternative resistance previous of an experiment

* E. Will of America

ie standard
adard may
necessary
calculation,
re is exer-
ie current-
connectors
ght angles
wire and
). Other-
nduced in
both the
re carried
leads are
from the

quencies, however, can introduce one serious error. At 3,000 cycles the current tends to flow along the surface of the metal, instead of through its entire cross section. This "skin effect" causes the standard resistor to show a somewhat higher resistance with alternating current than would be obtained if the measurement were made with direct current.

The same error occurs also in the battery being measured, however, and the two errors appear to balance each other within 1% at 3,000 cycles. This was demonstrated by determining the effect of frequency on the apparent resistance of the battery. The results are shown in Table II.

Since the apparent resistance of the battery is independent of the frequency, it is evident that errors due to skin effect, inductance, and capacity in this bridge, and polarization errors of the battery, are negligible. The internal resistance of the battery is given by the simple equation:

$$R_x = R_1 \frac{R_3}{R_2}$$

where R_1 is the standard resistance (see Fig. 1), and R_2 and R_3 , the resistance of the two ratio arms respectively.

The bridge was calibrated using direct current, and the calibration was then checked using alternating current. A constantan rod of appropriate resistance was substituted for the battery in the bridge circuit and the resistance of each part of this bridge was measured by the ammeter-voltmeter method using direct current. The bridge was then balanced in the customary manner with alternating current and from the slide wire reading the resistance of the constantan rod was calculated. Finally the bridge was balanced using direct current and a galvanometer, instead of alternating current and the amplifier and phones, and from this reading the resistance of the constantan rod was again calculated. This gave three resistance figures for this constantan rod, the ammeter-voltmeter result, the a.c. bridge result, and the d.c. bridge result. All three agreed within 2%.

The bridge was then used to measure the resistance of several starter-type automotive batteries. The resistance data have been published elsewhere.⁴ The consistency of the results and the agreement of these results with known structure differences of the batteries indicate that this alternating current bridge is a satisfactory instrument for measuring the internal resistance of the storage battery.

SUMMARY

An alternating current Wheatstone bridge has been built to measure resistances of approximately 0.004 ohm. The bridge differs from previously described bridges in several features. The ratio arms are of an extremely high resistance compared with the resistance being measured. The inductance is balanced by means of a sliding contact

⁴ E. Willihnganz, "The Internal Electrical Resistance of the Storage Battery," Association of American Battery Manufacturers, Report of Fall Meeting, Chicago, Ill. (Oct. 24-25, 1940).

Battery.

e ampli-
sistance
om the
tor was
ercised
ethod,
explor-
to the
y faint
vorsing
in the
een the
y less

comes
l. The
of the
d that
ained
more,
h fre-

on a straight copper rod. The sensitivity of 1% is attained by means of an ultra high gain amplifier.

Tests indicate that this bridge is convenient and gives consistently accurate results.

Resumen del artículo: "Un Puente de Wheatstone para Medir la Resistencia Interna de Acumuladores."

Se ha construido un equipo con oscilador a 3,000 ciclos (Fig. 1 y 2) para medir la resistencia eléctrica muy baja de un acumulador de Pb. Se emplean dos resistencias variables altas sin inductancia y una baja, de inductancia variable. La resistencia baja es una varilla de "constantan" (con tope variable) y la inductancia una varilla parecida de cobre en serie. El circuito amplificador magnifica la potencia 10^4 veces.

Se notó un error de menos de 2% al medir una resistencia desconocida por medio de corriente directa en vez de alterna, y también al emplear el método de voltímetro y amperímetro. La Tabla II demuestra que la resistencia obtenida no depende de la frecuencia empleada.

A paper presented
at the
Meeting, 1941, A. C.

THE DEP

The work
a comprehensive
present in
and lighting
could possibly
stances. The
the pores of
where it is
tinct, character
The deposition
Lighting, I
than a few

Most of
constituent
of an individual
tions or ex
writer has
directly on
tion of sti
deposited a
tests with
leached from
and in the
takes place,
many in an
to a degree
tribution of

Over 1,0
following the
American,
facture, sev
described. I
titative but,

¹ Manuscript
² Consulting I